

**Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales**  
**UNLP**



**TRABAJO FINAL**

**ESTUDIO ECOFISIOLÓGICO DEL CULTIVO DE AMARANTO EN  
LA PLATA (PROVINCIA DE BUENOS AIRES)**

Proyecto conjunto de los alumnos:

Román Andrés Del Valle. Legajo N° 25944/8.

Paulo Daniel Del Valle. Legajo N° 24301/2.

Correo electrónico: [romandv21@hotmail.com](mailto:romandv21@hotmail.com)

[paulo\\_delvalle@hotmail.com](mailto:paulo_delvalle@hotmail.com)

Directora: MSci. Lic. Alejandra Carbone

Co-Directora: MSci. Ing. Agr. María Cecilia Arango

Departamento de Ciencias Biológicas, Curso de Fisiología Vegetal. INFIVE  
(CONICET-UNLP).

Departamento de Ciencias Exactas, Curso de Bioquímica y Fitoquímica.  
UNLP.

**Noviembre 2017**

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS .....	3
AGRADECIMIENTOS .....	4
RESUMEN .....	5
INTRODUCCIÓN .....	6
Historia .....	6
Taxonomía .....	6
Calidad nutricional .....	7
Tecnología .....	8
Morfología .....	9
Fisiología .....	10
Aspectos económicos .....	11
Antecedentes .....	12
Hipótesis .....	13
Objetivos .....	13
Objetivo general .....	13
Objetivos específicos .....	13
MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
Características del área de estudio .....	14
Trabajos realizados en el INFIVE (CONICET - UNLP) .....	15
Trabajos realizados a campo (EEJH) .....	15
Características edáficas e históricas del terreno .....	16
Labores culturales y preparación del lote .....	18
Siembra .....	18
Determinación de parámetros climatológicos .....	18
Determinación de parámetros de crecimiento .....	19
Determinación del rendimiento .....	20
Determinación de parámetros de calidad del grano cosechado .....	20
Determinaciones realizadas .....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
Trabajos realizados en el INFIVE .....	23
Poder germinativo y emergencia de plántulas .....	23

Trabajos en la EEJH .....	23
Labores culturales .....	23
Determinación de parámetros climatológicos .....	24
Determinación de parámetros de crecimiento .....	25
Fenología .....	25
Determinación de crecimiento del cultivo .....	29
Peso seco de hojas (PSH) .....	29
Peso seco de tallos (PST) .....	31
Peso seco de panojas (PSP) .....	33
Biomasa aérea total: Tallos + Hojas + Panojas (BAT) .....	35
Determinación de PSH, PST, PSP y BAT en <i>Amaranthus caudatus</i> L. cv. Don Guiem (ciclo largo) a los 131 dds. ....	37
Índice de cosecha .....	40
Rendimiento (g/planta) .....	41
Rendimiento (kg/ha) .....	42
Determinación de parámetros de calidad .....	45
Contenido de Proteína (PB).....	46
Contenido de Materia Grasa Bruta (GB) .....	47
Contenido de Fibra Bruta (FB) .....	47
Contenido de Extractivos no Nitrogenados (ENN) .....	48
Contenido de Cenizas .....	48
CONCLUSIÓN .....	49
Consideraciones finales .....	50
BIBLIOGRAFÍA .....	51

# ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Morfología de la planta .....	9
Figura 2. Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PSH de los tres cultivares de amaranto a 41, 62 y 82 dds .....	30
Figura 3. Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PST de los tres cultivares de amaranto a 41, 62 y 82 dds.....	32
Figura 4. Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PSP de los tres cultivares de amaranto a 41, 62 y 82 dds.....	33
Figura 5. Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el BAT de los tres cultivares de amaranto a 41, 62 y 82 dds .....	36
Figura 6. Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PSH del cv. Don Guiem a los 131 dds .....	37
Figura 7. Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PST del cv. Don Guiem a los 131 dds .....	38
Figura 8. Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PSP del cv. Don Guiem a los 131 dds .....	39
Figura 9. Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el BAT del cv. Don Guiem a los 131 dds .....	40
Figura 10. Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el rendimiento en grano por planta de los cv. Hungría, Artasa y Don Guiem .....	42
Figura 11. Rendimiento de grano en kg/ha de los cv. Hungría, Artasa y Don Guiem	43
Tabla 1. Propiedades físicas y químicas del perfil .....	17
Tabla 2. Datos climáticos de la temporada 2010/2011 y su comparación histórica ....	24
Tabla 3. Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el IC expresado en % de los cv. Hungría, Artasa y Don Guiem .....	41
Tabla 4. Composición química proximal del grano de los cv. Hungría, Artasa y Don Guiem .....	45

## AGRADECIMIENTOS

- *A la Lic. Alejandra Carbone, docente de la Cátedra de Fisiología Vegetal por su dedicación, predisposición y colaboración para la realización de este trabajo.*
- *A la Ingeniera Agrónoma María Cecilia Arango por su dedicación, predisposición y colaboración para la realización de este trabajo.*
- *Al incondicional apoyo y esfuerzo de nuestra familia.*

## RESUMEN

El amaranto es un pseudocereal de alto valor alimenticio que se cultiva en América desde épocas precolombinas y su cultivo persiste en la actualidad como una alternativa de pequeña escala, en economías familiares, acotadas regionalmente. En el siguiente trabajo se estudió la posibilidad de cultivar el amaranto bajo las condiciones edafo-climáticas del partido de La Plata. En los ensayos agronómicos realizados a campo en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, se evaluaron tres cultivares de amaranto que se identificaron como *Amaranthus caudatus* L. cv Don Guiem (DG); *Amaranthus hypochondriacus* L. cv L280FK-FH1 (Hn) y *Amaranthus hypochondriacus* L. cv Artasa 9122 (Ar). El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres arreglos espaciales diferentes, de distancia entre surcos a 0,17 m, 0,35 m y 0,7 m. Se evaluó la fenología del cultivo, producción de biomasa, rendimiento, y parámetros de calidad del grano. Entre los tres cultivares estudiados, se identificó al cultivar DG como el de ciclo más largo y a Hn el de ciclo más corto. El mayor distanciamiento entre surcos produjo un incremento significativamente mayor en la producción de biomasa, con registros significativamente mayores en las variedades Artasa y Don Guiem. Don Guiem fue el cultivar que presentó el mayor rendimiento en grano expresado en kg/ha, sin diferencias significativas entre los distintos arreglos espaciales. La calidad de los granos, medida por el sistema proximal de análisis de alimentos (proteína, fibra bruta, materia grasa, humedad, cenizas y extractos no nitrogenados), arrojó valores por encima de los mínimos establecidos en el Código Alimentario Argentino. Los resultados obtenidos sugieren que las condiciones edafo-climáticas de la zona de estudio, resultarían apropiadas para la producción de amaranto, con rendimientos y calidad de granos en el orden de las referencias bibliográficas y normativas vigentes.

# INTRODUCCIÓN

## Historia

El amaranto se cultiva en América desde hace más de 10 mil años. Se sabe que formó parte de la dieta en los pueblos Aztecas, Mayas e Incas antes de la conquista de los Españoles. El pueblo Azteca lo llamaba “huautli” (que significa inmortal) y los pueblos de habla quechua, en Sudamérica, lo llaman “kiwicha”.

Se estima que cuando los españoles llegaron a América, los aztecas producían 20 mil toneladas anuales de este grano que, junto con las hojas, eran consumidos como alimento (también en forma de bebidas) y se ofrecía como tributo a los dioses. Sin embargo, con la llegada de los Españoles su cultivo y consumo fue prohibido por su relación con las ceremonias religiosas (Suárez *et al.* 2013).

A partir de entonces, se inició un intenso intercambio de cultivos en los que algunos cobraron mayor importancia y otros desaparecieron. De este modo, la sustitución de los cultivos nativos por los del Viejo Mundo redujo drásticamente la producción de amaranto. Sólo algunos agricultores, esparcidos en zonas montañosas de México y Los Andes, continuaron cultivándolo en pequeña escala para consumo familiar; por lo que se mantuvo a lo largo de los siglos hasta la actualidad gracias al arraigo de las tradiciones en los pueblos nativos (Schnetzler & Breene, 1994).

A pesar de ello, en 1973 hubo un redescubrimiento del amaranto y se iniciaron los primeros estudios agronómicos en la Universidad Nacional del Cusco (Perú) aunque recibió el mayor impulso en la década de 1980.

En 1975 la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, con el objeto de diversificar la base alimentaria, impulsó un trabajo en el que se propuso al amaranto como uno de los 36 cultivos más prometedores del mundo. Asimismo, se llevaron a cabo exhaustivas investigaciones en el ámbito de la química y la bioquímica, en la semilla y el follaje de diversas especies del género, lo que permitió confirmar la calidad de este cultivo americano (Viviant, 2011).

## Taxonomía

El amaranto es un cultivo anual y estival. Al ser una planta C4 presenta alta capacidad de biosíntesis y baja velocidad de foto-respiración, causas que explican su rápido crecimiento y alto rendimiento en biomasa. Taxonómicamente, pertenece a la división Angiospermae, orden Centrospermae, clase Dicotyledonae, familia

Amaranthaceae, género *Amaranthus*. Al género *Amaranthus* pertenecen al menos cuatro especies que fueron cultivadas en América antes de la llegada de los europeos: *A. hypochondriacus* L., *A. cruentus* L., *A. caudatus* L. y *A. edulis* Speg.

En total existen unas 80 especies diferentes, todas ellas pueden destinarse a usos múltiples (Greizerstein & Poggio, 1995); algunas son consideradas graníferas, horticolas, tintóreas, medicinales u ornamentales y, otras, malezas como el *Amaranthus quitensis* L. o “yuyo colorado”, que constituye una plaga muy común en la región pampeana de nuestro país.

Sólo tres especies de ellas son utilizadas para la producción de grano: *Amaranthus hypochondriacus* L., originario de México, *A. cruentus* L., oriundo de Guatemala y el sureste de México y *A. caudatus* L., procedente de América del Sur (Transue *et al.*, 1994)

La presente investigación tiene como propósito evaluar la factibilidad del cultivo de Amaranto en la zona de La Plata e influencia, bajo las condiciones agroclimáticas y edáficas locales. Se analizará la respuesta ecofisiológica y la calidad de los granos cosechados de *A. caudatus* cv. Don Guiem, *A. hypochondriacus* cv. Hungría y *A. hypochondriacus* cv. Artasa.

## Calidad nutricional

La importancia del estudio responde a que el amaranto es considerado un pseudo-cereal, que presenta características similares a los cereales verdaderos (gran producción de semillas por espiga). Al igual que éstos, contiene cantidades importantes de almidón, con la diferencia que este componente se encuentra almacenado en el perisperma (Segura-Nieto *et al.*, 1994).

Según el Código Alimentario Argentino (CAA) los granos de amaranto deberán contener 12,5% mínimo de proteína, 12% de humedad, 3,5% máximo de cenizas, 60% mínimo de almidón y un peso hectolítrico mínimo de 77 kg.

El grano de amaranto no posee gluten, por lo tanto, constituye un alimento apto para celíacos. Sus proteínas presentan un alto valor biológico por su excelente balance de aminoácidos, semejante en su composición a la proteína de la leche y mejor que el de muchas proteínas vegetales. Según la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS), sobre un valor proteico ideal de 100, el amaranto posee 75, la leche vacuna 72, la soja 68, el trigo 60 y el maíz 44. En cuanto a la composición en aminoácidos esenciales, citada por Bressani (1993), se destaca la presencia de lisina, metionina, cisteína y triptofano que cubrirían requerimientos de niños y adultos según la FAO/WHO (1991). Cuando se realizan mezclas de harina de amaranto con harina de maíz, la



combinación resulta excelente, llegando a índices cercanos de 100, en cuanto a valor proteico.

Además, la digestibilidad de su grano es muy alta, alcanzando valores de entre 80 y 92% (Hernández & Herrerías, 1998). Las reducidas dimensiones de estos granos facilitan su digestión, que resulta de 2 a 5 veces más rápida que la del maíz.

El contenido de lípidos ronda el 7% y de éste aproximadamente el 6-7% es escualeno, un triterpeno alifático, excelente aceite para la piel, lubricante y precursor del colesterol, que se obtiene comúnmente del aceite de hígado de ballena y tiburón (Sun *et al.*, 1997).

Del amaranto no sólo se consumen las semillas, sino también las hojas. Usualmente se consumen como ensalada o hervidas, formando parte de sopas y otras preparaciones; se comparan en textura y sabor con las espinacas. Al igual que el grano, éstas son altamente nutritivas en cuanto al contenido de minerales, proteínas y fibra.

Diversas variedades de amaranto contienen dos pigmentos naturales: uno amarillo (amarantina) y otro rojo (betalaína), este último con gran potencial en la industria alimentaria, dado que la gran mayoría de los pigmentos rojos empleados actualmente son sintéticos, y la industria alimentaria tiende a prescindir de los mismos (Covas, 1992).

## **Tecnología**

Por otro lado, el cultivo de amaranto también presenta limitaciones ya que la mayor parte de la producción de granos de amaranto se realiza en escala familiar, donde las diferentes labores culturales son realizadas comúnmente en forma manual (siembras en surcos, control de malezas y cosecha mediante corte, emparvado y trilla) o en algunos casos asistida mediante alguna mecanización básica (sembradoras, motoguadañas, trilladoras estacionarias).

Aún no existe un paquete tecnológico específico desarrollado para el cultivo extensivo del amaranto, como por ejemplo: mejoramiento genético, control químico de malezas, mecanización de labores culturales, etc.

En algunas experiencias productivas de mayor escala o en ensayos técnicos realizados en otras regiones, las diferentes labores se han hecho adaptando las maquinarias existentes a las particularidades del cultivo y las características del grano. De esta forma se han adaptado sembradoras convencionales utilizando el cajón alfalfero, calibrando la profundidad y la densidad de siembra; también se han utilizado cosechadoras autopropulsadas provistas con cabezal sojero, adaptando zarandas para sorgo con mallas metálicas de tipo “mosquitero” y minimizando la velocidad del

ventilador, de manera de evitar mayores pérdidas, teniendo en cuenta el pequeño tamaño y el bajo peso de los granos.

Una variable importante en el momento de la cosecha mecánica es la altura de las panojas. En este sentido Espitia (1992) y Sumar *et al.* (1992) indicaron que los valores óptimos oscilan entre 0,8 y 1,4 m en las diferentes regiones productivas.

Si bien el amaranto es originario de América Central, su cultivo se expandió notablemente en China y en la India, impulsado por los gobiernos locales. En la actualidad, el principal productor es China con 150 mil ha cultivadas, seguida por India y Perú (1.800 ha), México (900 ha) y EEUU (500 ha). (Huerga, 2014).

## Morfología



Figura 1: Morfología de la planta. Fuente: Repo-Carrasco 1992.

Las distintas especies de *Amaranthus*, en su estado de madurez, pueden medir hasta 3 metros de altura. Presentan una raíz con eje principal desarrollado, corto, y grueso, de hasta 15 cm de longitud. Tiene un tallo central que en algunos morfotipos tiende a ramificarse a media altura o desde la base y a lo largo del tallo. El color de la planta va desde el verde hasta el púrpura, con varios colores intermedios.

Las hojas, de tamaño y forma variable, están generalmente dispuestas en forma alterna y opuesta, tanto en el tallo principal como en los secundarios y terciarios. Las flores están agrupadas en glómérulos, agrupados en un eje sin hojas para formar complejas inflorescencias llamadas espigas o panojas. Hay inflorescencias que llegan a medir 90 cm de largo. El fruto es un pixidio unilocular. Las semillas son pequeñas, ovaladas, lisas, brillantes y ligeramente aplanadas, pudiendo ser de color blanco, blanco amarillento, dorado, rojo, rosado y negro (Tejerina Oller & Arenas Martínez; 2001).

## **Fisiología**

Dadas sus condiciones agronómicas, se caracteriza por ser un cultivo de ciclo corto, tolerante a la sequía, resistente a plagas y enfermedades o bien de baja incidencia de éstas en los rendimientos de la producción (Covas, 1994).

La mayoría de las especies de amaranto puede crecer bien en suelos alcalinos, ácidos, con alto contenido de sal y aluminio. También tienen gran capacidad para adaptarse a diferentes altitudes. Algunos genotipos resisten relativamente bien temperaturas bajas. En cuanto a la humedad para su desarrollo, las especies de amaranto requieren un nivel menor que, por ejemplo, el maíz. (León & Rosell, 2007).

Este cultivo se realiza en ambientes muy dispares, con precipitaciones que van desde los 300 a los 2000 mm anuales, en altitudes que oscilan entre el nivel del mar hasta los 3000 msnm y en suelos de mediana y baja calidad (Covas, 1994). El período vegetativo varía de 120 a 170 días, dependiendo de los factores agroambientales y cultivares utilizados.

La época de siembra generalmente es de octubre a diciembre en la zona andina y varía de acuerdo con las condiciones climáticas (Mujica *et al.*, 1997).

En general, todas las especies crecen mejor cuando la temperatura promedio es de 15°C o mayor, mientras que temperaturas de entre 18° y 24°C parecen ser las óptimas para el cultivo (Montero *et al.*, 1994).

## **Aspectos económicos**

Más allá de sus beneficios y limitaciones, el amaranto carece de un sistema de comercialización desarrollado destacándose la falta de consumo masivo como así también la ausencia de un mercado referencial. En general se vende en negocios del tipo dietéticas, envasado en bolsas plásticas de medio kilo, siendo baja la vinculación con los diferentes eslabones de la cadena (Huerga, 2014).

En cuanto al comercio mundial de amaranto, no existen datos oficiales de exportaciones, de derechos de importación ni de preferencias arancelarias, debido a que este grano carece de posición arancelaria propia. Si bien no se tienen cifras exactas, se cuenta con información que permite inferir que entre los países que participan en el comercio mundial de amaranto, los más importantes son Argentina que tiene una participación del 49,13%; en segundo lugar de importancia está Perú con 45,24%; en el tercer lugar se encuentra México con 3,02%, seguido de Bolivia con 0,36%, y Ecuador con 0,25%.

En nuestro país la siembra se realiza en forma esporádica y con compromiso de compra previa, generalmente coordinado por la exportación. La comercialización es muy difícil debido a la falta de consumo masivo y la ausencia de un mercado referencial (Huerga, 2014).

El área potencial de cultivo en la República Argentina comprende las provincias de Jujuy, Santiago del Estero, Córdoba, el este de La Pampa y Buenos Aires.

Si bien el amaranto se cultiva y se ha cultivado en el norte de Argentina desde hace miles de años, no se ha desarrollado aún este cultivo en otras regiones de Argentina, siendo que, por sus antecedentes, se presenta como una alternativa potencial, por ejemplo, para toda el área de la región pampeana.

En la Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam), funciona un centro de investigación de amaranto, que en conjunto con el INTA Anguil puso en marcha el “Proyecto Amaranto”, cuyo objetivo es estudiar las posibilidades de desarrollo del cultivo en diferentes regiones del país. Los rendimientos obtenidos en dichas investigaciones oscilan entre 800 a 3000 kg/ha en función de las condiciones ambientales y sanitarias del cultivo.

## **Antecedentes**

Existen experiencias y ensayos sobre la factibilidad de su implantación en diferentes puntos de esta región que dan cuenta de la posibilidad de lograr con éxito su cultivo.

Podemos citar algunos ensayos como los de Peiretti y Gesumaria (1991 y 1998) en la Universidad Nacional de Río Cuarto, sobre la adaptación y rendimiento del cultivo en la zona, logrando determinar los marcos de plantación más convenientes en función de obtener mayores rindes.

En la EEA INTA Pergamino, Jacquelin *et al.* (2011), tomando como antecedente los trabajos de Peiretti y Gesumaria en Río Cuarto, han realizado ensayos para evaluar el comportamiento del cultivo, con el fin de determinar su adaptabilidad a la zona. Los autores pudieron afirmar que esta especie representa una alternativa interesante de diversificación para pequeños y medianos productores en áreas marginales.

Reinaudi *et al.* (2011) han evaluado la adaptabilidad de diferentes genotipos de amaranto al área de influencia de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, en Santa Rosa.

Si bien todos los genotipos estudiados (18 genotipos en total) cumplieron su ciclo fenológico, en las condiciones en que se realizó el ensayo, pudieron determinar aquellos más adecuados para la producción de semillas, entre los que se destacaron *A. hypochondriacus* cv. Artasa 9122 y *A. caudatus* cv. Don. Guiem por su excelente índice de cosecha (IC) y siendo *A. hybridus* K593 el que presentó el mayor rendimiento de semilla.

En La Plata, Ciocchini (2013) evaluó la posibilidad de adopción de este cultivo por los productores de la zona, caracterizados según diferentes grupos y analizó las diversas variables que condicionan la estrategia productiva, en general, y de los agricultores familiares en particular. Para alcanzar dichos objetivos utilizó una metodología primordialmente de tipo cualitativa, donde las técnicas utilizadas fueron la observación participante y no participante, la entrevista en profundidad y los talleres. Finalmente, los datos recabados se triangularon con los resultados alcanzados en los ensayos de rendimiento del cultivo de amaranto efectivizado en las quintas.

Teniendo en cuenta los antecedentes expuestos, y a falta de otras experiencias en la zona de La Plata e influencia, es que se considera interesante y necesario evaluar el comportamiento del cultivo de amaranto para las condiciones locales de clima y suelo. Este conocimiento sería de utilidad para determinar la factibilidad del cultivo de amaranto con rendimientos y calidad de grano dentro de parámetros comparables a los de otras áreas de producción, según datos proporcionados por la bibliografía.

## **Hipótesis**

Las condiciones edafo-climatológicas de La Plata y zonas aledañas son aptas para el desarrollo exitoso del cultivo de amaranto.

## **Objetivos**

### *Objetivo general*

- Evaluar la factibilidad del cultivo de amaranto bajo las condiciones agro-climáticas y edáficas en el partido de La Plata.

### *Objetivos específicos*

- Determinar el efecto de diferentes arreglos espaciales sobre parámetros de crecimiento y productividad de distintas especies de amaranto.
- Examinar el comportamiento eco-fisiológico y rendimiento de tres variedades de amaranto cultivados en el partido de La Plata.
- Medir parámetros de calidad de las semillas de amaranto, como el contenido de proteínas, humedad, cenizas, grasas, fibra bruta y extractos no nitrogenados.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Características del área de estudio**

El partido de La Plata se ubica en el NE de la Provincia de Buenos Aires, República Argentina; limitando al NE con los partidos de Ensenada y Berisso, al NO con los de Berazategui y Florencio Varela, al SO y S, con San Vicente y Coronel Brandsen y al SE con el partido de Magdalena, ocupando una superficie de 893 km<sup>2</sup>.

Las coordenadas geográficas de sus puntos extremos son: latitud 34° 50' y 35° 30' S y longitud 57° 45' y 58° 20' O.

Su relieve es el de una llanura con ondulaciones leves, con suelos aptos para actividades agrícolas.

De clima templado, la temperatura media anual ronda los 16,3 °C y precipitaciones medias anuales calculadas en 1023 mm. Por su cercanía al Río de La Plata la humedad tiende a ser abundante, siendo la humedad media anual de 77,6%. En cuanto al viento, su intensidad media anual llega a 12 km/h, siendo predominantes los vientos provenientes del Este, Noreste y Suroeste.

Las actividades se desarrollaron en los siguientes ámbitos de trabajo:

1. Los ensayos a campo se realizaron en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (EEJH). El establecimiento se ubica en la localidad de Los Hornos, partido de La Plata (Lat. 34° 52' S Long. 57° 45' W), perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP).
2. Las determinaciones de poder germinativo (PG), biomasa aérea total (BAT) y rendimiento (R) se realizaron en el Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE-CONICET), ubicado en Diagonal 113 esquina 61, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales - Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP- CONICET).
3. Las determinaciones de los parámetros de calidad de los granos cosechados se realizaron en el laboratorio de la cátedra de Bioquímica y Fitoquímica de la FCAYF (UNLP). Ubicado en el edificio central de esta facultad, en la calle 60 y 119.

La identidad botánica del material utilizado en el ensayo fue:

*Amaranthus caudatus* L. cv. Don Guiem (Año: 2003) (INTA Anguil, L.P.);

*Amaranthus hypochondriacus* L. 280FK-FH1 (Origen y Don.: Hungría) y

*Amaranthus hypochondriacus* L. cv. Artasa 9122 (Año: 2006) (INTA Anguil, L.P.).

Estos cultivares serán identificados en adelante como Don Guiem (DG), Hungría (Hn) y Artasa (Ar), respectivamente.

Las semillas para la realización de este ensayo fueron provistas por la Dra. Nilda Reinaudi quien se desempeña como docente investigadora en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de La Pampa- INTA ANGUIL.

Dicho material fue analizado y determinado taxonómicamente por el Dr. Néstor Bayón (Profesor del Curso de Botánica Sistemática de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP), quien realizó su tesis doctoral con la sistemática y filogenia del género *Amaranthus* (Bayón, 2009; 2015).

## **Trabajos realizados en el INFIVE (CONICET – UNLP)**

Se realizaron ensayos para evaluar el Poder Germinativo (PG) de las semillas y la Emergencia de Plántulas (EP) a distintas profundidades de siembra (en superficie, a 1 cm y a 2 cm) en condiciones controladas según determinan las normas ISTA (Peretti, 1994).

Para determinar PG se tomaron muestras de 0,5 gr de cada genotipo y se colocaron en cajas de petri sobre papel de filtro humedecido. Las cajas de petri se incubaron en estufa a 28 °C y fueron realizadas observaciones con lupa cada 24 horas para ir evaluando la frecuencia de germinación. Se realizaron 3 repeticiones con cada.

Para la determinación de la EP se pesaron 0,5 gr de semillas, que fueron colocadas en bandejas descartables rellenas con tierra esterilizada en autoclave. Las bandejas se regaron periódicamente y se colocaron en un invernadero del INFIVE. Se realizaron observaciones periódicas para ir tomando el registro de la EP y se efectuaron 3 repeticiones de cada tratamiento (0 - 1 y 2 cm de profundidad), para cada uno de los cultivos a evaluar.

## **Trabajos realizados a campo (EEJH)**

La experiencia en campo se dispuso siguiendo un diseño de parcelas subdivididas, distribuidas en bloques al azar, con tres arreglos espaciales para cada cultivar y cuatro repeticiones para cada tratamiento. Cada parcela principal estuvo definida por la distancia entre líneas, con tres niveles de variación: 0,17 m (E1), 0,35 m (E2) y 0,70 m (E3). Las subparcelas estuvieron definidas por la variable genotipo, representadas por cada uno de los cultivos antes mencionados: Don Guiem (DG), Hungría (Hn) y Artasa (Ar). Las unidades experimentales fueron parcelas de 5m x 5m.



Los tratamientos resultantes son:

- E<sub>1</sub> Ar
- E<sub>2</sub> Ar
- E<sub>3</sub> Ar
- E<sub>1</sub>Hn
- E<sub>2</sub>Hn
- E<sub>3</sub>Hn
- E<sub>1</sub> DG
- E<sub>2</sub> DG
- E<sub>3</sub> DG

### **Características edáficas e históricas del terreno**

La parcela en la cual se realizó el ensayo está ubicada en el lote N° 1 de la EEJH, teniendo como antecesores los siguientes cultivos: año 2006/2007, girasol; 2008, colza y lino, 2009, sin ensayos.

Esta unidad pertenece a la SERIE CENTENO y tiene los siguientes horizontes:

Ap 0-18 cm. Negro parduzco. Textura franco limosa a franca.

BA 18-29 cm Textura franco arcillosa. Estructura en prismas. Consistencia dura en seco, firme en húmedo plástico y adhesivo en mojado, barnices finos escasos.

2Bt<sub>1</sub> 29-50 cm Textura arcillosa, estructura en prisma irregulares, gruesos, fuertes, consistencia en seco muy dura, firme en húmedo, muy plástico y muy adhesivo en mojado, barnices abundantes y finos.

2Bt 2 50-90 cm. Textura arcillosa, estructura en prismas compuestos irregulares, muy gruesos, fuerte, consistencia muy dura, en húmedo firme.

2Bc<sub>1</sub> 90-130 cm Textura arcillo-limosa, estructura en prismas compuestos. Consistencia en seco muy dura, barnices abundantes y finos.

2Bc<sub>2</sub> 130-170 cm Textura arcillo limosa a franco arcillo limosa. Consistencia en seco ligeramente dura. Barnices comunes y finas.

3Bc<sub>3</sub> 170-230 cm Textura franco arcillo limosa-

3C Textura franco limosa.

Tabla 1: Propiedades físicas y químicas del perfil.

Horizonte		Ap	BA	2Bt <sub>1</sub>	2Bt <sub>2</sub>	2BC <sub>1</sub>	2BC <sub>2</sub>	2BC <sub>3</sub>	3C	
Profundidad (cm)		0-18	18-29	29-50	50-90	90-130	130-170	170-230	230-266	
%	Materia Orgánica									
	Carbono Orgánico	1,33	0,6							
	Nitrógeno Total	0,182								
Relación C. N.										
Textura %	Arcilla < 2	21,3	32,6	49,8	51,8	46,6	38,3	35,8	26,9	
	Limo 2 a 50	53,2	45,6	38	36	44,5	48,2	47	58	
	Arena	50 - 100	22,4	20	12	12,2	8,9	12	15,2	14
		100 - 250	3,1	1,8	0,2	0	0	1,5	2	1,1
		250 - 500	0	0	0	0	0	0	0	0
% Humedad Equivalente										
pH	en pasta	5,3	5,8	6	6,2	6,5	6,1	6,1	6,2	
	en agua 1:2,5	5,5	6,2	6,3	6,7	7	6,4	6,5	6,6	
Cationes de cambio meq/100 gr.	Ca <sup>++</sup>	11,2	17,2	24,5	26,1	25,2	20,8	23		
	Mg <sup>++</sup>	2,1	2,4	4,2	5,1	4,3	4,7	2,9		
	Na <sup>+</sup>	0,3	0,5	0,9	0,7	0,6	1,1	0,7		
	K <sup>+</sup>	1,8	1	1,8	1	0,9	2	0,8		
Suma de Bases (S)		15,4	21,1	31,4	32,9	31	28,6	27,4		
C.I.C. (T)		16,2	23,1	33	33,2	32,4	29,1	27,6	27	
Saturación (S/T x 100)		95	91,3	95,1	99	95,6	98,2	99		

Observaciones: se indican grietas de más de 1 cm desde los 30 cm de profundidad. Uno de los sectores de la serie presenta anegamiento.

Clasificación taxonómica: ARGIUDOL TÍPICO arcillosa fina ilítica térmica.

## Labores culturales y preparación del lote

Se realizó la preparación del suelo mediante dos pasadas de rastra de disco superficial. Antes de efectuar la siembra se llevó a cabo el control de malezas a través

de una aplicación de glifosato (Round Up: 1440 g.e.a/ha) con pulverizador manual de mochila.

El día 4/11/2010 se realizó la demarcación del terreno y de las parcelas experimentales.

## **Siembra**

El día 5/11/2010 se procedió a realizar la siembra manual y fertilización al voleo con 80 kg/ha de fosfato diamónico (NPK: 18:46:0).

Se utilizó una densidad de siembra de 6 kg/ha, para todos los arreglos espaciales en este ensayo. Al mantenerse constante la densidad de siembra en kg/ha de semilla, el número de plantas dentro de la línea fue aumentando, conforme se aumentó la distancia entre surcos.

La siembra se realizó en forma manual procurando una distribución uniforme de la semilla dentro de la línea de siembra. La densidad de siembra por surco según los distintos distanciamientos fue:

- Surcos a 0,70 m = 2,14 g semillas/surco
- Surcos a 0,35 m = 1,07 g semillas/surco
- Surcos a 0,175 m = 0,517 g semillas/surco

El día 01/12/10 se realizó la aplicación del herbicida H1® (Fluazifop). Fue aplicado 0,7 L/ha con pulverizador manual de mochila para controlar gramíneas. Las malezas de hoja ancha fueron controladas mediante carpidas y desmalezado manual. El día 15/12/10 se realizó un desmalezado manual en todas las parcelas del ensayo.

Durante el ciclo del cultivo y de forma periódica se tomaron los siguientes registros:

## **Determinación de parámetros climatológicos**

-Temperatura media del aire, máximas y mínimas. Humedad relativa y precipitaciones. Los datos fueron provistos por la estación meteorológica automática que se encuentra ubicada en la EEJH (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP).

Asimismo, fueron solicitados los registros climáticos de años anteriores para poder compararlos con los correspondientes al año de los ensayos.

## **Determinación de parámetros de crecimiento**

- Fenología del cultivo: Emergencia, Fase Vegetativa (V1 a Vn), Ramificación, Inicio de panoja (R1), Panojamiento (R2), Término de Panoja (R3), Antesis (R4), Llenado de granos (R5), Madurez fisiológica (R6) y Madurez de cosecha (R7).

- Peso Seco de hojas (PSH): Este parámetro fue obtenido mediante la extracción de 5 plantas al azar por parcela a los 41 - 62 y 82 días después de realizada la siembra (dds). Las plantas fueron trasladadas al INFIVE, donde se seccionaron en sus diferentes órganos. Luego las hojas fueron colocadas en estufa a 80 °C hasta peso constante.

- Peso Seco de Tallos (PST): Este parámetro fue obtenido mediante la extracción de 5 plantas al azar por parcela a los 41 - 62 y 82 días después de realizada la siembra (dds). Se trasladaron las plantas al INFIVE donde fueron seccionados sus tallos para la determinación del peso seco correspondiente, mediante colocación del mismo en estufa a 80°C hasta peso constante.

- Peso Seco de Panojas (PSP): Este parámetro también fue obtenido mediante la extracción de 5 plantas al azar por parcela a los 41 - 62 y 82 días después de realizada la siembra (dds). Se trasladaron las plantas al INFIVE donde se seccionaron sus panojas para la determinación del peso seco correspondiente mediante colocación del mismo en estufa a 80°C hasta peso constante.

- Biomasa aérea total (Tallos + Hojas + Panojas): BAT: La determinación de la BAT resultó de la sumatoria de los PS medidos, para cada uno de los órganos mencionados.

El cultivar DG, de ciclo más largo, requirió la realización de una extracción adicional de material vegetal que fue realizada a los 131 dds, cuando sus granos poseían el contenido de humedad adecuado (13%) para realizar la cosecha.

## **Determinación del rendimiento (R)**

Se efectuó la determinación del R en grano por planta y por hectárea: Cuando los granos presentaron un 13% de humedad se procedió a cosechar las plantas de 1m lineal de surco por parcela, resultado de cuatro muestreos de 25 cm lineales cada uno.

Las panojas se trasladaron al INFIVE y se trillaron manualmente con ayuda de manopla manual y coladores para colectar los granos. Los granos obtenidos se pesaron en una balanza analítica de precisión; determinándose el R para cada cultivar y arreglo espacial.

Los datos obtenidos se sometieron a análisis de la varianza utilizando el programa Statgraphics Centurión.

## **Determinación de parámetros de calidad del grano cosechado**

Los granos correspondientes a cada tratamiento se molieron en un molinillo eléctrico (Moulinex). Para la determinación de los parámetros de calidad se siguió el esquema de Weende o análisis proximal.

### **Determinaciones realizadas**

-Proteínas totales por Método Kjeldahl (%PB) (AACC, 1995. Método 46-11 A)

Por este método se determina el contenido de nitrógeno total de una muestra. La digestión de la materia orgánica se realizó con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado p.a., en presencia de la mezcla catalizadora ( $\text{K}_2\text{SO}_4$  anhidro p.a. -  $\text{Cu}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  y Se). Finalizada esta etapa se procedió a la destilación empleando  $\text{NaOH}$  40% p/v para provocar la liberación del amonio, de la sal formada en la etapa anterior, en forma de amoníaco. El amoníaco destilado se recibió sobre  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 N (en cantidad conocida y en exceso), en presencia del indicador rojo de metilo. Se realizó una valoración por retorno neutralizando el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 N no combinado, con  $\text{KOH}$  0,1N. El % de N total (NT) se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{mL de } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 0,1 N combinados con } \text{NH}_3 \times 0,0014 \times 100$$

El porcentaje de proteína bruta se determinó multiplicando en valor del % NT x 6,25.

-Contenido de humedad (%H). Se realizó por un método gravimétrico, mediante la utilización de una estufa de secado a 105°C. (AACC 44-19, 2000). El método se basa en la determinación del agua a partir de la pérdida de peso de la muestra calentada a 105°C.

-Contenido de cenizas (%C) (AACC 08- 01, 2000) El método se basa en la calcinación completa de la materia orgánica colocando la muestra en mufla a 550 °C, quedando las cenizas en el residuo.

-Contenido de materia grasa. (%GB). Se realizó mediante un extractor Soxhlet, empleando como disolvente n-hexano (grado analítico, CAS N°: 110–54–3, valoración: mínimo 96%, punto de ebullición: 69°C).

-Contenido de fibra bruta (%FB); A partir de la muestra desengrasada se realizó una digestión con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 1,25 % en caliente durante 30 minutos. Luego se filtró a la trompa con una bomba de vacío y el residuo se sometió a una segunda digestión con KOH al 1,25 % en las mismas condiciones. Finalmente se filtró y el residuo se llevó a estufa a 100-105°C hasta peso constante, obteniéndose el contenido de fibra mediante pesada directa.

-Determinación de extractivos no nitrogenados (ENN). Esta fracción se obtuvo a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{ENN} = 100 - (\% \text{FB} + \% \text{GB} + \% \text{C} + \% \text{PB} + \% \text{H})$$

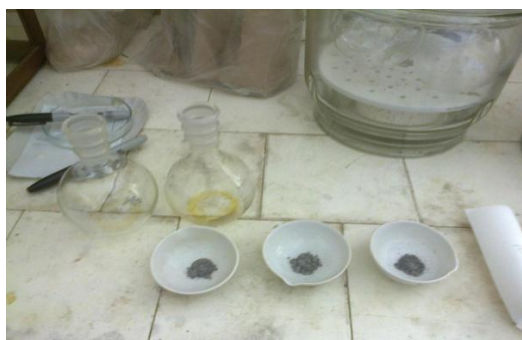
Todas estas determinaciones fueron realizadas por triplicado en el laboratorio de Bioquímica y Fitoquímica de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP).



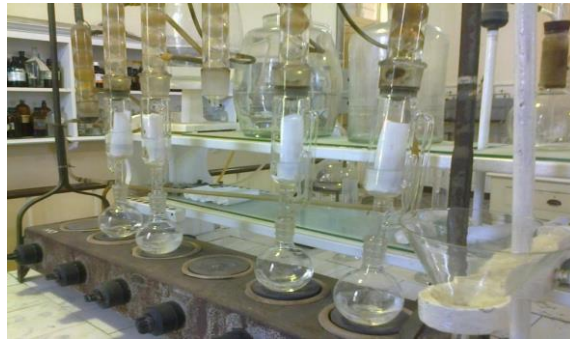
Estufa



Mufla



Cápsulas de porcelana con cenizas



Extractor Soxhlet.

Determinación de Materia Grasa Bruta



Digestor para determinación de Fibra Bruta

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Trabajos realizados en el INFIVE

#### Poder Germinativo (PG) y Emergencia de Plántulas (EP)

Las pruebas arrojaron para las tres variedades de amaranto (Ar, Hn, DG) un valor promedio del 95% de PG y una EP superior al 90% para las tres profundidades de siembra evaluadas: 0 cm, 1 cm, y 2 cm (datos no mostrados en el presente trabajo).

Los datos obtenidos se tuvieron en cuenta a la hora de elegir la densidad de siembra en las parcelas experimentales y en la toma de decisión para efectuar la misma a una profundidad de 2 cm, con el fin de asegurar mejor contacto con la humedad y disminuir la pérdida de semillas comidas por aves.

## Trabajos en la EEJH

### Labores culturales

En relación al perfil descrito en el trabajo, y a los fines que se persiguen con la preparación del suelo en general y la labranza en particular, es que se definieron las diferentes labores culturales.

Trabajamos sobre un terreno de textura fina, tendiente a compactarse, encharcarse y producir costras superficiales.

Para asegurar un buen contacto suelo-semilla, teniendo en cuenta el pequeño calibre de la semilla utilizada, la profundidad de siembra determinada en el laboratorio como la más adecuada, mejorar la infiltración superficial y la acumulación de humedad en el perfil es que se decidió el tipo de labranza realizado.

Sobre el terreno preparado de esta forma, se efectuó el control de malezas con graminicidas y desmalezado manual los primeros 15 días después de la emergencia. Una vez cubierto el surco las plantas de amaranto demostraron ventajas competitivas en la ocupación del espacio frente a las especies espontáneas, en todos los tratamientos del diseño experimental.

### Determinación de parámetros climatológicos

En la tabla 2 se detallan las precipitaciones y temperaturas registradas en la EEJH durante el segundo semestre del año 2010 y el primer semestre del año 2011, comparando los datos con la media histórica.

*Tabla 2. Datos climáticos de la temporada 2010/2011 y su comparación histórica.*

	Lluvias (mm)		T °C			
<b>Año 2010</b>	Mensual	Histórica	Mín.	Máx.	Media	Histórica*



		*				
Julio	105,6	59,3	5,0	13,7	9,4	9,44
Agosto	26,8	62,17	4,6	15,2	9,8	10,62
Septiembre	111	65,73	8,5	18,2	13,1	12,81
Octubre	40,4	83,31	9,1	20,3	14,8	15,59
Noviembre	28,0	73,04	11,7	24,7	18	19,09
Diciembre	51,0	74,98	15,7	29,2	22,6	21,76
<b>Año 2011</b>						
Enero	136,4	81,02	18,1	29,5	23,5	23,43
Febrero	27,4	125,23	16,1	27,7	21,7	23,0
Marzo	35,2	92,33	14,0	26,5	20,1	19,76
Abril	71,8	95,46	11,3	22,9	16,8	16,2
Mayo	40,4	52,7	7,1	18,0	12,4	12,56
Junio	129,8	53,8	5,7	14,6	10,1	10,17
*Promedio de últimos 10 años.						

Como puede verse en la tabla 2, la comparación entre los valores registrados el año del ensayo y los valores medios históricos nos permiten inferir si los resultados obtenidos son los esperables para años “normales” o producto de condiciones excepcionales.

## Determinación de parámetros de crecimiento

### Fenología

La emergencia del cultivo fue observada aproximadamente 10 días desde la siembra (dds) en las tres variedades estudiadas y arreglos espaciales.



A los 34 dds (9/12/2010) la variedad Hungría, con aproximadamente 10 hojas expandidas, comenzó a diferenciar la inflorescencia (estado R2) para los tratamientos a E<sub>1</sub>-Hn y E<sub>2</sub>-Hn.



Las otras dos variedades estudiadas, Artasa y Don Guiem, en esa fecha se encontraban en estado vegetativo, con 8-10 hojas diferenciadas (V8-10).







A los 41 dds (16/12/2010), la variedad Hungría presentaba el mayor desarrollo de panoja para los tratamientos  $E_1$ -Hn y  $E_2$ -Hn, pero aún no había diferenciado la inflorescencia para el tratamiento a  $E_3$ -Hn.



La variedad Artasa ya había diferenciado panoja para todos los tratamientos ( $E_1$ -Ar;  $E_2$ -Ar;  $E_3$ -Ar), y Don Guiem, de ciclo más largo, sólo diferenció su panoja para el tratamiento de  $E_1$ -DG.





A los 62 dds (6/01/2011) las tres variedades (DG, Hn y Ar) presentaban la panoja diferenciada en todos los tratamientos (E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> y E<sub>3</sub>).







El control de las malezas fue el mayor obstáculo a resolver, ya que en el mercado no existe un herbicida selectivo para el amaranto. Por tal motivo, el 1/12/10 se aplicó el herbicida H1 para controlar gramíneas. H1 ®2000 es un herbicida de post-emergencia selectivo y sistémico, que presenta Fluazifop-P-butil como ingrediente activo, perteneciente al grupo químico de los fenoxipropionato. Dicho producto tiene la facultad de controlar exclusivamente malezas gramíneas, anuales y perennes (provenientes de semilla y perennes establecidas) que infestan los cultivos de hoja ancha.

Las malezas de hoja ancha se debieron controlar mediante carpidas y desmalezado manual, tarea que fue realizada con una periodicidad quincenal.

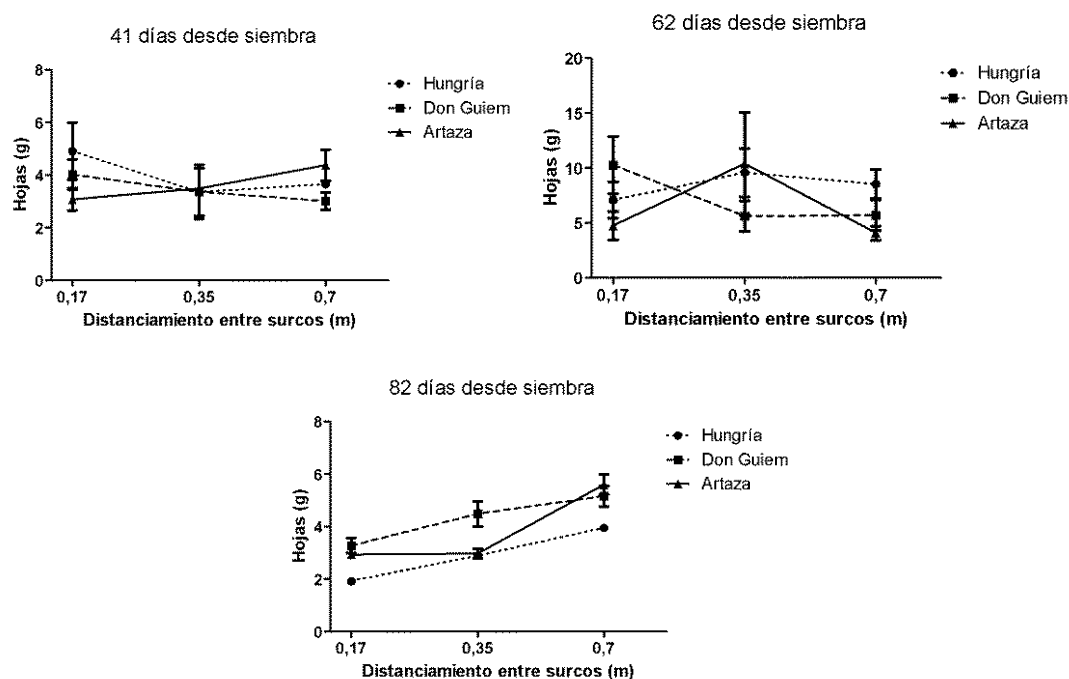
## Determinación de crecimiento del cultivo

### **Peso Seco de hojas (PSH):**

Se observa que existen diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,000014$ ) en el PSH afectado por la interacción cultivar, distanciamiento entre surcos y momento fenológico evaluado.

ANOVA: Efecto del cultivar, distanciamiento entre surcos, días desde siembra y las interacciones sobre el PSH.

	SC	GL	CM	F	P
Cultivar	5,90	2	2,95	0,79	0,453615
Distanciamiento	4,66	2	2,33	0,62	0,535752
Días desde siembra (dds)	406,5	2	203,2	54,62	0,000000
Cultivar*Distanciamiento	52,85	4	13,21	3,55	0,007843
Cultivar*dda	61,93	4	15,48	4,16	0,002854
Distanciamiento*dds	111,09	4	27,77	7,46	0,000012
Cultivar*Distanciamiento*dds	145,40	8	18,17	4,88	0,000014
Error	837,23	225	3,72		



*Figura 2: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PSH de los tres cultivares de amaranto a 41, 62 y 82 dds.*

*Se presentan los valores promedio y las barras verticales representan el error estándar de la media. Ensayo realizado en La Plata, Argentina.*

Se observó que a los 41 dds la respuesta de los tres cultivares no difirió respecto a los arreglos espaciales.

A los 62 dds y con el distanciamiento entre surcos de 0,17 m se observaron

diferencias significativas entre la biomasa acumulada por el cv. Artasa (4,72 g) respecto al cv. Don Guiem (10,24g), mientras que el cv. Hungría tuvo un comportamiento intermedio entre ambos, con un valor de 7,06 g.

Sin embargo, con el distanciamiento de 0,70 m se registraron diferencias significativas en el PSH entre el cv. Artasa (4,05 g) y el cv. Hungría (8,51 g) mientras que el cv. Don Guiem no difirió entre ambos con un valor de 5,68 g.

Con el distanciamiento entre surcos de 0,35 m se observó que el cv. Don Guiem acumuló significativamente menor biomasa de hojas (5,59 g) vs. los cultivares Hungría (9,56 g) y Artasa (10,36 g).

A los 82 dds se observó que la mayor acumulación de PSH se dio con el arreglo espacial de 0,70 m entre surcos para las tres variedades estudiadas. Aunque solamente existieron diferencias estadísticamente significativas para el cv. Hungría. Para esa fecha, este mismo cultivar presentó la menor acumulación en hojas debido a que redireccionó dicha materia hacia la panoja y los granos (Ver imágenes en el apartado de fenología).

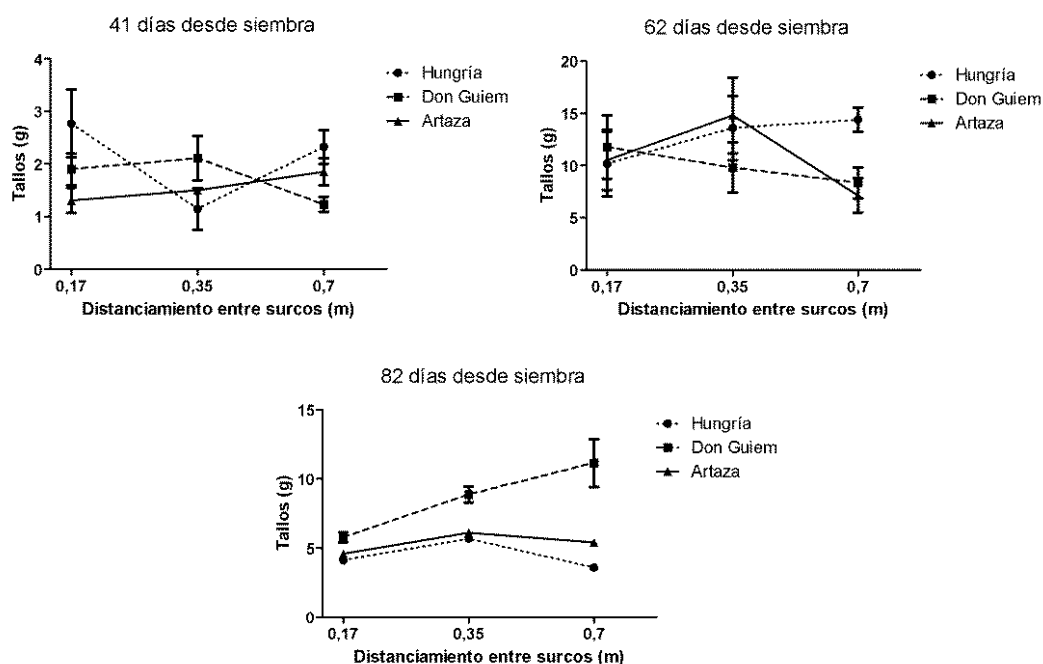
#### **Peso Seco de Tallos (PST):**

Se registraron diferencias estadísticamente significativas ( $p= 0,007985$ ) en el PST influenciado por la interacción entre cultivar, distanciamiento entre surcos y el momento fenológico evaluado.

ANOVA: Efecto del cultivar, distanciamiento entre surcos, días desde siembra y las interacciones sobre el PST.

	SC	GL	CM	F	P
Cultivar	18,27	2	9,14	0,94	0,391843
Distanciamiento	32,93	2	16,46	1,69	0,185910
Días desde siembra (dds)	1584,21	2	792,11	81,55	0,000000
Cultivar*Distanciamiento	60,81	4	15,20	1,56	0,184556
Cultivar*dda	299,85	4	74,96	7,72	0,000008
Distanciamiento*dds	87,30	4	21,82	2,25	0,064908
Cultivar*Distanciamiento*dds	207,74	8	25,97	2,67	0,007985
Error	2185,43	225	9,71		





*Figura 3: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PST de los tres cultivares de amaranto a 41, 62 y 82 dds.*

*Se presentan los valores promedio y las barras verticales representan el error estándar de la media. Ensayo realizado en La Plata, Argentina.*

Se observó que a los 41 dds la respuesta de las tres variedades no difirieron respecto a los arreglos espaciales, igual tendencia que la observada con el PSH.

Transcurridos 62 dds se observaron diferencias estadísticamente significativas con el distanciamiento entre surcos de 0,70 m entre Hungría (14,37 g) vs. Artasa (7,13 g) y Don Guiem (8,32 g).

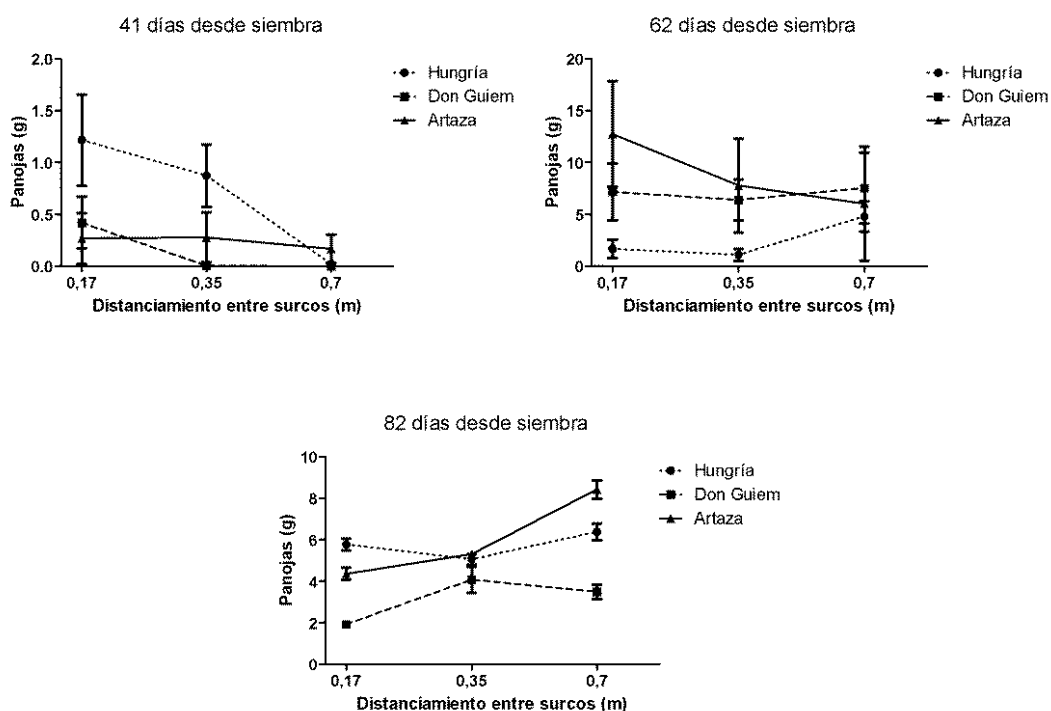
A los 82 dds el mayor distanciamiento entre surcos favoreció el incremento de PST para las tres variedades pero con diferencias significativas mayores para el cv. Don Guiem (8,86 g). Esta variedad es la que posee el ciclo más largo de las tres evaluadas, y en consecuencia para esta fecha de análisis, aún se encontraba formando estructuras vegetativas. La misma respuesta pudo ser observada con el distanciamiento de 0,35 m dado que se observaron incrementos significativamente mayores para el cv. Don Guiem (9,14 g) vs. Artasa (5,39 g) y Hungría (3,57 g). La variedad Hungría de ciclo más corto se encuentra re-direccionando los fotoasimilados a las estructuras reproductivas (ver imágenes en el apartado de fenología).

### Peso Seco de Panojas (PSP):

Fueron registradas diferencias estadísticamente significativas ( $p= 0,005434$ ) en el PSP influenciado por la interacción entre cultivar, distanciamiento entre surcos y momento fenológico evaluado.

*ANOVA: Efecto del cultivar, distanciamiento entre surcos, días desde siembra y las interacciones sobre el PSP.*

	SC	GL	CM	F	P
Cultivar	114,09	2	57,047	7,68	0,000592
Distanciamiento	20,19	2	10,096	1,36	0,258868
Días desde siembra (dds)	752,76	2	376,381	50,68	0,000000
Cultivar*Distanciamiento	29,60	4	7,401	0,99	0,410199
Cultivar*dda	328,64	4	82,160	11,06	0,000000
Distanciamiento*dds	78,22	4	19,555	2,63	0,035075
Cultivar*Distanciamiento*dds	167,13	8	20,891	2,81	0,005434
Error	1670,82	225	7,426		



*Figura 4: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PSP de los tres cultivares de amaranto a 41, 62 y 82 dds.*

*Se presentan los valores promedio y las barras verticales representan el error estándar de la media. Ensayo realizado en La Plata, Argentina.*

Transcurridos 41 dds el PSP fue determinado en las variedades Hungría y Artasa en los tres arreglos espaciales, mientras que Don Guiem solamente había diferenciado las estructuras reproductivas en los distanciamientos de 0,17 y 0,35 m entre surcos. Es probable que las plantas de la variedad Don Guiem, al poseer ciclo más largo y estar implantadas a mayor distancia entre surcos hayan prolongado la formación de sus estructuras reproductivas respecto a las que estaban cultivadas a menor distancia. Las plantas que crecieron a 0,7 m entre surcos formaron mayor biomasa en estructuras vegetativas para cubrir el surco y competir con las malezas por los recursos.

A los 41 dds se observó que la variedad Hungría fue la que diferenció más tempranamente las estructuras reproductivas presentando valores significativamente mayores respecto al cv. Artasa en el menor distanciamiento evaluado. Igual respuesta fue observada en el distanciamiento de 0,35 m entre surcos con mayores registros de PSP en la variedad Hungría. El mayor distanciamiento estudiado en este trabajo no favoreció a Hungría, cultivar que manifestó muy bajo nivel de PSP, probablemente porque no pudo generar estructuras vegetativas rápidamente y de esa manera poder competir con las malezas y cubrir el surco.

La variedad Artasa tuvo un comportamiento indiferente al arreglo espacial a los 41 dds.

A 62 dds Don Guiem presentó diferenciadas las panojas con el mayor distanciamiento. En esta fecha y con el menor espaciamiento entre surcos (0,17 m) se observaron diferencias significativas entre las tres variedades estudiadas. El cultivar Hungría mostró el menor registro (1,68 g) difiriendo de Don Guiem (7,15g) y Artasa (con un valor de 12,74 g).

En ese mismo momento y con el mayor distanciamiento evaluado, no fueron registrados diferencias significativas entre los tres cultivares. Con el distanciamiento intermedio (0,35 m) Artasa y Don Guiem (7,77 y 6,38 g., respectivamente), manifestaron un significativo aumento de PSP respecto a Hungría (1,08 g). Aquí se pudo observar que Hungría presentó un mejor comportamiento con el mayor distanciamiento mientras que Artasa tuvo mejor performance con la menor distancia entre surcos. Don Guiem se comportó de manera indiferente respecto al arreglo espacial, quizás porque aún estaba formando estructuras vegetativas conjuntamente con la formación de las panojas.

A los 82 dds se observó que Don Guiem registró los menores valores de PSP en los tres arreglos espaciales respecto a las otras variedades con diferencias

significativamente menores en los distanciamientos de 0,17 y 0,70 m. Esta respuesta se puede atribuir a que esta variedad al poseer ciclo más largo se encuentra aún formando estructuras vegetativas y reproductivas, con activo crecimiento.

El mayor distanciamiento favoreció a Artasa y Hungría con diferencias significativamente mayores para la primera (8,42 y 6,37 g. respectivamente). Con el distanciamiento intermedio (0,35 m) no se registraron diferencias significativas en la acumulación de PSP entre las tres variedades.

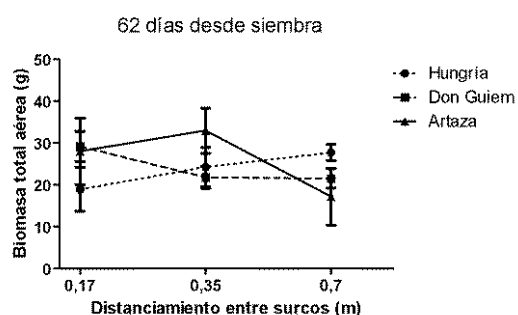
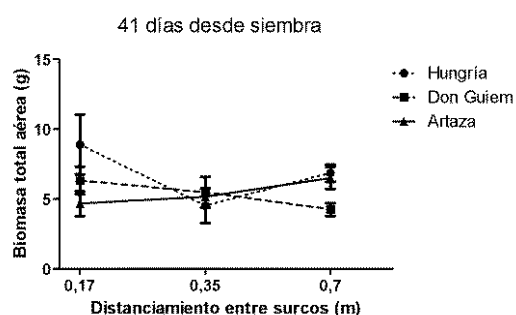
Es evidente que transcurridos los 82 dds se produjo un re-direccionamiento de los foto-asimilados hacia las panojas en las variedades Hungría y Artasa con mejor comportamiento en el arreglo espacial de 0,7 m entre surcos (Ver imágenes en el apartado de fenología).

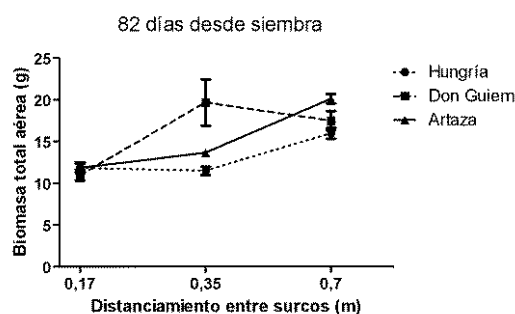
### Biomasa aérea total: Tallos + Hojas + Panojas (BAT):

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,000080$ ) para la BAT influenciado por la interacción cultivar, distanciamiento entre surcos y momentos fenológicos evaluados.

ANOVA: Efecto del cultivar, distanciamiento entre surcos, días desde siembra y las interacciones sobre la BAT.

	SC	GL	CM	F	P
Cultivar	29,24	2	14,62	0,47	0,627685
Distanciamiento	24,66	2	12,33	0,39	0,675126
Días desde siembra (dds)	6340,41	2	3170,2	101,19	0,000000
Cultivar*Distanciamiento	195,64	4	48,91	1,56	0,185622
Cultivar*dda	139,59	4	34,90	1,11	0,350715
Distanciamiento*dds	668,57	4	167,14	5,33	0,000402
Cultivar*Distanciamiento*dds	1075,65	8	134,46	4,29	0,000080
Error	7048,96	225	31,33		





*Figura 5: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre la BAT de los tres cultivares de amaranto a 41, 62 y 82 dds.*

*Se presentan los valores promedio y las barras verticales representan el error estándar de la media. Ensayo realizado en La Plata, Argentina.*

A los 41 dds la variedad Hungría mostró mayor BAT con el menor distanciamiento entre surcos posiblemente por la competencia generada por los recursos y por tener ciclo ontogénico corto. Con el distanciamiento de 0,35 m no se evidenciaron diferencias entre variedades y con la mayor distancia entre surcos la BAT manifestó menor valor en Don Guiem.

A los 62 dds Hungría manifestó una tendencia al incremento de la BAT progresivamente al aumentar la distancia entre surcos, con diferencias significativas a 0,7 m. Distinto comportamiento tuvo Artasa, ya que con el mayor distanciamiento entre surcos disminuyó significativamente la BAT respecto a los otros arreglos espaciales con diferencias significativas entre los distanciamientos de 0,17 y 0,35 m. La variedad Don Guiem registró mayor BAT con el menor distanciamiento entre surcos y teniendo un comportamiento homogéneo cuando se incrementó la distancia entre los surcos.

A 82 dds con 0,17 m de distancia entre surcos no se registraron diferencias significativas de BAT entre las tres variedades, mientras que con el distanciamiento intermedio se vió favorecido el cv. Don Guiem. El mayor distanciamiento entre surcos evidenció incremento significativo de BAT en Artasa respecto a las otras dos variedades estudiadas.

El distanciamiento de 0,35 m favoreció el incremento significativo en BAT de Don Guiem (19,68 g) respecto a Hungría (11,51 g) y Artasa (13,66 g).

**Determinación de PSH, PST, PSP y BAT en *Amaranthus caudatus* L. cv. Don**

### Guiem (ciclo largo) a los 131 dds.

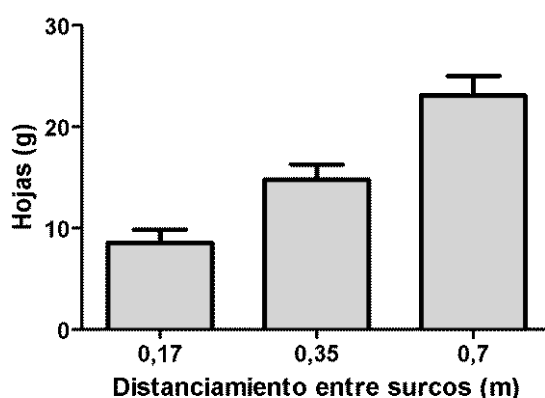
La variedad Don Guiem es de ciclo largo y por tal razón se requirió la realización de una extracción adicional de material vegetal que fue realizada a los 131 dds cuando ya tenía sus granos con el contenido de humedad adecuado (13%) para realizar la cosecha. En dicha extracción fue determinado el PSH, PST, PSP y BAT.

Los resultados y análisis estadísticos de estas determinaciones se presentan a continuación:

**PSH:** El PSH de la variedad Don Guiem a los 131 dds registró diferencias estadísticamente significativas en respuesta al arreglo espacial ( $p=0,0004$ ). Los mayores niveles se observaron con el mayor distanciamiento entre surcos.

ANOVA: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PSH del cultivar Don Guiem a los 131 dds.

	SC	GL	CM	F	P
Distanciamiento	426,01	2	213,01	21,11	0,000400
Error	90,82	9	10,09		



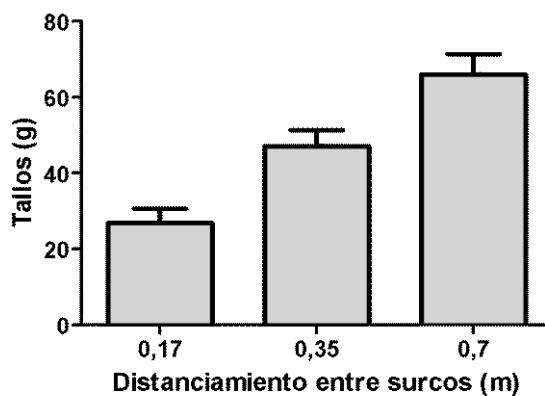
*Figura 6: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PSH del cv. Don Guiem a 131 dds.*

*Se presentan los valores promedio y las barras verticales representan el error estándar de la media. Ensayo realizado en La Plata, Argentina.*

**PST:** El PST de la variedad Don Guiem a los 131 dds se incrementó con diferencias estadísticamente significativas en respuesta al arreglo espacial. La mayor acumulación se dio con los distanciamientos de 0,35 y 0,70 m que difieren del distanciamiento menor.

ANOVA: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PST del cultivar Don Guiem a los 131 dds.

	SC	GL	CM	F	P
Distanciamiento	2651,52	2	1325,76	20,01	0,000770
Error	529,91	8	66,24		



*Figura 7: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PST del cv. Don Guiem a 131 dds.*

*Se presentan los valores promedio y las barras verticales representan el error estándar de la media. Ensayo realizado en La Plata, Argentina.*

**PSP:** El PSP de la variedad Don Guiem a los 131 dds se incrementó con diferencias estadísticamente significativas en las plantas cultivadas a 0,7 m de distancia entre surcos respecto a las que crecieron a 0,17 m de distancia. El distanciamiento de 0,35 m no difirió estadísticamente de los otros tratamientos.

*ANOVA: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PSP del cultivar Don Guiem a los 131 dds.*

	SS	Degr. of	MS	F	P
Intercept	14614,72	1	14614,72	217,59	0,000000
Distanciamiento	2134,14	2	1067,07	15,89	0,001115
Error	604,50	9	67,17		

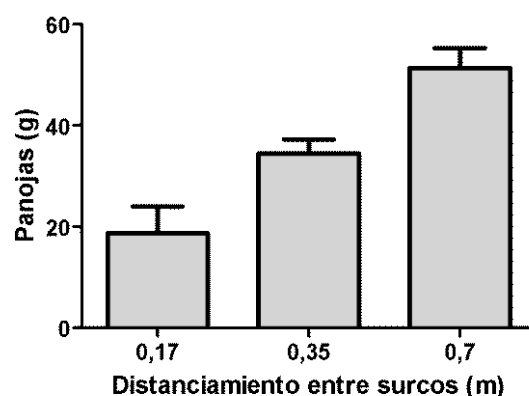


Figura 8: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el PSP del cv. Don Guiem a 131 dds.

**BAT:** La BAT (tallos + hojas + panojas) de la variedad Don Guiem a los 131 dds se incrementó significativamente en las plantas cultivadas a 0,7 m de distancia entre surcos respecto a las que crecen a 0,17m de distancia. El distanciamiento intermedio no mostró diferencias estadísticas de los espaciamientos evaluados, tal como fue observado anteriormente para la biomasa de hojas, tallos y panojas.

ANOVA: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre la BAT del cultivar Don Guiem a los 131 dds.

	SC	GL	CM	F	P
Distanciamiento	11846,44	2	5923,22	20,18	0,000749
Error	2348,20	8	293,53		

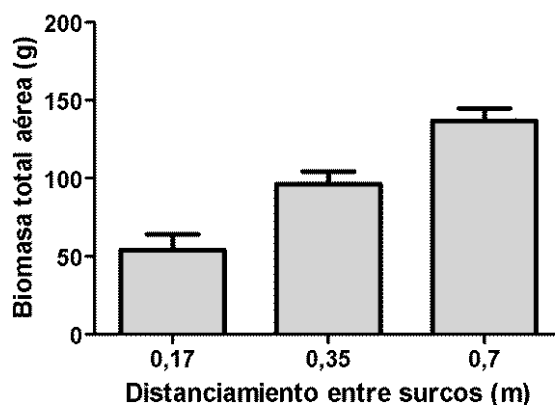


Figura 9: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre la BAT del cv. Don Guiem a 131 dds.



Es evidente que el mayor distanciamiento entre surcos favorece la formación de órganos vegetativos (hojas y tallos) y reproductivos (panojas y granos) en la variedad Don Guiem de ciclo largo. Dicho distanciamiento permite que las plantas crezcan formando mayor biomasa aérea teniendo un efecto positivo en la competencia por los recursos (agua y nutrientes) y las malezas.

#### **Índice de Cosecha (IC):**

Se determinó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las variedades y los arreglos espaciales evaluados. En este sentido, Don Guiem fue la variedad que mostró un IC significativamente menor en los tres arreglos. El distanciamiento de 0,17m mostró los mayores IC para Hungría y Artasa, si bien la primera variedad mostró el mayor IC a un distanciamiento de 0,35m con registros de 12,5%, y diferenciándose de las otras dos variedades evaluadas. La mayor distancia evaluada en este trabajo demostró que Hungría registró el mayor IC, aunque sin diferencias significativas respecto a Artasa.

Quedó demostrado que la variedad Hungría es la que presentó los mayores IC en los tres arreglos espaciales y Don Guiem la de los menores registros en todos los espaciamientos. Artasa manifestó el mejor comportamiento en el arreglo espacial de 0,7 m, sin diferencias significativas respecto de Hungría.

<b>Variedades</b>	<b>Espaciamiento entre surcos (metros)</b>		
	<b>0,17</b>	<b>0,35</b>	<b>0,7</b>
<b>Hungría</b>	6.67 b	12.5 c	11.9 b
<b>Artasa</b>	6.67 b	5.71 b	9 b
<b>Don Guiem</b>	2.6 a	1.7 a	2.1 a

*Tabla 3: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el IC expresado en % de los cv. Hungría, Artasa y Don Guiem.*

*Se presentan los valores promedio y las letras diferentes en la columna marcan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey*

( $p < 0,05$ ).

### Rendimiento (g/planta):

Fueron registradas diferencias significativas en el rendimiento, expresado en g/planta, para cada variedad y arreglo espacial. Las fuentes de variación cultivar y distanciamiento afectaron significativamente el rendimiento por planta ( $p=0,04$  y  $p=0,002$ , respectivamente).

ANOVA: Efecto del cultivar, el distanciamiento entre surcos y la interacción sobre el rendimiento en grano por planta.

	SC	GL	CM	F	P
Cultivar	3,56	2	1,78	3,69	0,041484
Distanciamiento	7,47	2	3,78	7,75	0,002828
Cultivar*Distanc	0,96	4	0,24	0,49	0,738916
Error	10,61	22	0,48		

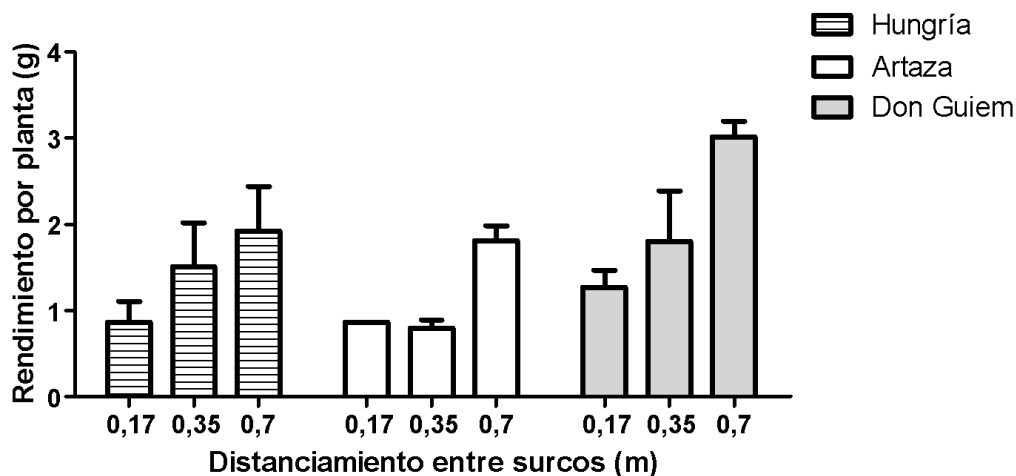


Figura 10: Efecto del distanciamiento entre surcos sobre el rendimiento en grano por planta de los cv. Hungría, Artaza y Don Guiem.

Se observó que la variedad Don Guiem tuvo un rendimiento significativamente mayor en gramos de semillas por planta al pasar de un distanciamiento entre surcos de 0,17 a 0,7 m. También fue registrado un incremento de rendimiento por planta en la variedad Artaza al pasar de un distanciamiento de 0,17 y 0,35 a 0,70 m. Sin embargo,

el cultivar Hungría manifestó una respuesta diferente al no registrar diferencias significativas en el rendimiento producto del efecto del distanciamiento entre surcos, pero con una tendencia a incrementar el rendimiento con el mayor distanciamiento evaluado.

Se pudo observar que el mayor rendimiento en gramos de semilla por planta fue el que registró la variedad Don Guiem a una distancia entre surcos de 0,7m, seguido por Hungría a la mayor distancia y luego Artaza también a 0,7 m entre surcos.

### Rendimiento (kg/ha):

El rendimiento, expresado en kg/ha, indicó que la variación en el rinde no es explicada por los diferentes espaciamientos estudiados ( $p=0,57$ ) pero sí por las variedades utilizadas ( $p=0,022$ ). Por esta razón se tomó el conjunto de datos completo, no discriminando entre distanciamientos pues estos no influyen significativamente en el rinde para el análisis en conjunto.

ANOVA: Efecto del cultivar, distanciamiento entre surcos y la interacción sobre el rendimiento en grano por hectárea.

	SC	GL	CM	F	P
Cultivar	1848967	2	924483	4,6372	0,022905
Distanciamiento	223962	2	111981	0,5617	0,579429
Cultivar*Distanciamiento	268925	4	67231	0,3372	0,849450
Error	3787916	19	199364		

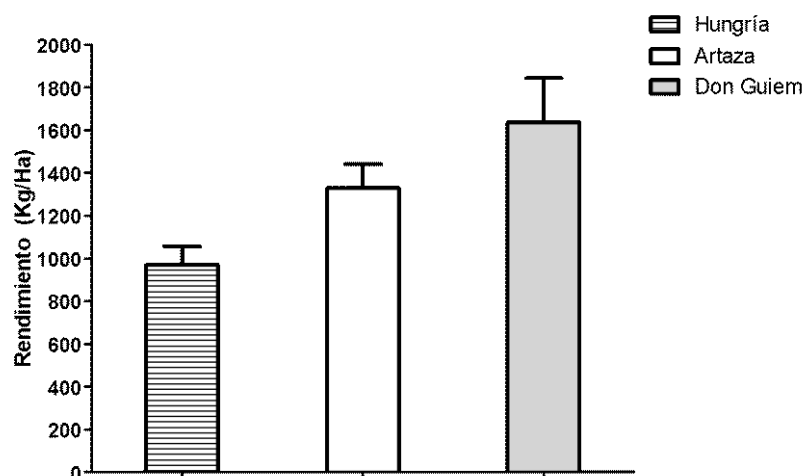


Figura 11: *Rendimiento de grano en Kg/Ha de los cv. Hungría, Artaza y Don Guiem.*

Se observó que la variedad Hungría difirió significativamente respecto a Don Guiem. Esta última fue la que registró mayor rendimiento alcanzando un valor de 1635,87 kg/ha respecto a Hungría con 971,33 kg/ha. El cultivar Artaza difirió significativamente de Hungría pero no presentó diferencias significativas con Don Guiem.

Las bases ecofisiológicas constituyen una herramienta fundamental para el diseño de estrategias de manejo de los cultivos, y en este sentido, el conocimiento de la respuesta de los diferentes arreglos espaciales y variedades, reduce los pasos en el proceso de adopción e introducción de nuevos materiales no explotados o conocidos (Mateucci, 1998). Si se consideran los procesos fisiológicos y los factores ambientales como determinantes del rendimiento del cultivo, se podrá determinar el potencial productivo y la toma de decisiones en el manejo agronómico óptimo (Mateucci, 1998).

Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con los obtenidos por Peiretti y Gesumaria (1998) en la zona de Río Cuarto (provincia de Córdoba, Argentina). Dichos autores observaron que la producción de semillas por planta se ve disminuida con la reducción del distanciamiento entre líneas, tal como fue observado en nuestro ensayo. Ninguna de las variedades estudiadas por los autores mencionados coincide con los materiales de nuestro trabajo pero las respuestas en cuanto al rendimiento son similares (Peiretti y Gesumaria, 1998). Misra *et al.* (1985) observaron un aumento en la producción de semillas en *A. hypochondriacus* (L.) Rob. por planta con el aumento de la distancia entre líneas entre 0,3 y 0,75 m y, consecuentemente, con la disminución de la densidad de plantas (de 440.000 a 59.000 plantas por hectárea). Estos autores informaron que el rendimiento de semillas por unidad de superficie reveló una tendencia ascendente y significativa con el incremento de la densidad.

Sun (1991) indicó que una densidad de 115.000 plantas por hectárea es la óptima para *A. cruentus* L. bajo las condiciones edafoclimáticas de China, con el fin de evitar la excesiva ramificación de plantas y la consecuente falta de uniformidad en la altura y en el tiempo de maduración de los granos. Sin embargo, Sánchez *et al.* (1991) señalaron un incremento de rendimientos de semillas de *A. hypochondriacus* (L.) Rob. por unidad de superficie al aumentar la densidad de 90.000 a 210.000 plantas por hectárea, con un espaciamiento de 0,7 m entre líneas, en la zona de Morelos (México).

Gupta and Thimba (1991) recomendaron para las zonas marginales de Kenia (África) la siembra de variedades de bajo porte distanciadas a 0,4 m y 0,6 m para aquellas de mayor porte.

Como puede observarse, la bibliografía disponible es escasa y la información es variable en las diferentes zonas donde se han efectuado los estudios y con los diversos materiales evaluados. El trabajo más cercano es el publicado por Peiretti y Gesumaria (1998) quienes trabajaron con diferentes arreglos espaciales y densidades de plantación en la zona de Río Cuarto (prov. de Córdoba) y con otros materiales genéticos. Estos autores señalaron una reducción significativa en la producción individual de semillas en *A. cruentus* con el aumento de la densidad de siembra entre 100.000 y 400.000 plantas por hectárea, aunque simultáneamente, se produjo un incremento en el rendimiento por unidad de superficie. Estos autores mencionan que el rendimiento no resultó influenciado por la sola modificación del espaciamiento entre líneas, coincidiendo con lo observado en nuestro trabajo.

## Determinación de parámetros de calidad

El análisis proximal se emplea en todo el mundo para hacer descripciones de los alimentos y conocer sus componentes químicos mayoritarios (Matissek *et al.*, 1998).

Los valores de los parámetros de calidad registrados en este trabajo se ajustan con lo estipulado por el Código Alimentario Argentino (CAA): para las semillas de amaranto la cantidad de proteínas, mayor de 12,5%; humedad no mayor de 12,0%, cenizas menor de 3,5%, almidón no menor de 60% - Art 660 - Res MSyAS 80 del 13/01/1994).

*Tabla 4. Composición química proximal del grano de los cv. Hungría, Artasa y Don Guiem.*

Composición química proximal expresada como porcentaje en base seca						
Variedad	Arreglo espacial	Cenizas	Materia grasa bruta	Proteína bruta	Fibra bruta	Extractivos no nitrogenados
	0,17	3,34A	7,41B	15,13A	3,35A	59,54A

Artasa	0,35	4,34B	7,15A	15,61A	3,48A	58,57A
	0,7	3,56C	7,40B	15,07A	4,17B	59,03A
Don Guiem	0,17	3,52A	7,59A	15,12B	3,04A	59,52B
	0,35	3,71A	7,56A	14,81B	3,70B	58,82A
	0,7	3,48A	7,55A	14,19A	3,70B	59,88B
Hungria	0,17	3,90A	6,64A	15,18A	3,38A	59,91A
	0,35	4,31B	6,74A	15,36AB	3,95A	58,94A
	0,7	4,25B	7,19A	16,25B	4,81B	57,14B

\*Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias por tratamientos para cada variedad ( $p < 0,05$ )

### Contenido de proteína.

El contenido de proteína total fluctuó entre 14,19 y 16,25% (Tabla x). Estos valores superan a los encontrados en los cereales convencionales como el trigo, maíz, arroz y cebada cuyos valores varían entre 9 y 14 %.

Los valores de proteínas de los distintas especies de *Amaranthus* hallados se encuentra entre un rango que varía del 11% al 18% (Bressani *et al.*, 1987; Gorinstein *et al.*, 2001).

En este ensayo, el % de proteínas no mostró diferencias significativas para los arreglos espaciales en la variedad Artasa, mientras que en Don Guiem fue mayor para las separaciones entre surcos de 0,17 m y 0,35 m y para Hungria distanciadas a 0,7 m. El cultivar Hungria mostró, en promedio, el mayor valor de proteínas en el grano y la variedad Don Guiem el menor porcentaje. La variedad Artasa y Don Guiem mostraron una disminución en el contenido de proteínas con el aumento del distanciamiento entre surcos, siendo estas diferencias significativas en Don Guiem. Bressani *et al.*, (1987) encontraron valores similares a los reportados en este trabajo, analizando 14 cultivares de cuatro especies de amaranto (*A. caudatus*, *A. hybridus*, *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*) con contenidos proteicos que fluctuaron entre 12.5% a 16.0%.

La proteína es un componente muy importante en el amaranto, particularmente por ser ricas en aminoácidos esenciales, como lisina, el cual es deficiente en las proteínas de los cereales. Debido a ello, la FAO y el departamento de Agricultura de los

Estados Unidos de Norteamérica declararon al amaranto como un alimento con alto valor nutritivo, con potencial para ser el alimento del futuro para la humanidad.

ANOVA: Efecto del cultivar, el distanciamiento entre surcos y la interacción sobre el porcentaje de proteína total.

	SC	GL	CM	F	p
Cultivar	3,65	2	1,83	11,07	0,0007
Distanciamiento	0,06	2	0,03	0,18	0,8334
Cultivar*Distanciamiento	3,79	4	0,95	5,75	0,0037
Error	2,97	18	0,16		

#### **Contenido de Materia Grasa Bruta (MGB):**

En las condiciones de cultivo llevadas a cabo en este ensayo se obtuvieron valores de MGB acordes a los valores encontrados en la bibliografía. El valor promedio encontrado fue de 7,24%, siendo el cultivar Don Guiem el que presentó los mayores valores. Este pseudo-cereal posee valores de MGB que superan los encontrados en los granos de cereales, en los que varían entre 5 y 2%.

El % de MGB no se vio influenciado en forma significativa por el arreglo espacial. Se observaron diferencias significativas entre los cultivares (p 0,0001).

ANOVA: Efecto del cultivar, el distanciamiento entre surcos y la interacción sobre el porcentaje de materia grasa bruta.

	SC	GL	CM	F	p
Cultivar	2,33	2	1,17	18,19	0,0001
Distanciamiento	0,04	2	0,02	0,31	0,7381
Cultivar*Distanciamiento	0,61	4	0,15	2,39	0,0890
Error	1,15	18	0,06		

#### **Contenido de Fibra Bruta (FB):**

El % de FB aumentó con el incremento en la distancia de siembra en todas las variedades y fue mayor en Hungría en 0,7 m. Se observó una interacción significativa para cultivar x distanciamiento. La variedad Hungría mostró los valores más elevados en este parámetro.

ANOVA: Efecto del cultivar, el distanciamiento entre surcos y la interacción sobre el porcentaje de fibra bruta.

	SC	GL	CM	F	p
Cultivar	1,80	2	0,90	69,89	0,0001
Distanciamiento	4,69	2	2,35	182,21	0,0001
Cultivar*Distanciamiento	1,19	4	0,30	23,19	0,0001
Error	0,23	18	0,01		

#### **Contenido de Extractivos no Nitrogenados (ENN):**

En esta fracción se incluye el almidón. Se observaron diferencias significativas para los cultivares, distanciamiento y la interacción cultivares x distanciamiento.

ANOVA: Efecto del cultivar, el distanciamiento entre surcos y la interacción sobre el porcentaje de extractivos no nitrogenados.

	SC	GL	CM	F	p
Cultivar	2,48	2	1,24	5,35	0,0150
Distanciamiento	5,22	2	2,61	11,25	0,0007
Cultivar*Distanciamiento	9,84	4	2,46	10,60	0,0001
Error	4,18	18	0,23		

#### **Contenido de cenizas:**

El contenido de cenizas fue variable, presentando diferencias entre los distintos



distanciamientos y entre cultivares. Presentan un contenido de cenizas superior al de otros granos, atribuido al mayor contenido de calcio y de magnesio, concentrados en la cubierta de la semilla (Betschart *et al.*, 1981).

ANOVA: Efecto del cultivar, el distanciamiento entre surcos y la interacción sobre el porcentaje de cenizas

	SC	GL	CM	F	p
Cultivar	1,60	2	0,80	81,25	0,0001
Distanciamiento	1,33	2	0,67	67,66	0,0001
Cultivar*Distanciamiento	0,73	4	0,18	18,56	0,0001
Error	0,18	18	0,01		0,0001

## CONCLUSIÓN

En este trabajo se analizaron las respuestas ecofisiológicas y de rendimiento del cultivo de amaranto, como así también la calidad de los granos cosechados en las condiciones edafo-climáticas del partido de La Plata.

Los resultados obtenidos determinan que la zona presenta condiciones apropiadas para la incorporación del cultivo de amaranto. Esta especie podría constituir una alternativa interesante para pequeños y medianos productores de zonas periurbanas con el fin de abastecer de granos amaranto de alta calidad nutricional a grupos poblacionales vulnerables y establecimientos dedicados a la venta de productos naturales de alta calidad.

Las condiciones meteorológicas imperantes durante el crecimiento y desarrollo del cultivo fueron las normales para la región y permitió un correcto establecimiento de plantas. El seguimiento fenológico permitió observar la respuesta de los diferentes materiales utilizados. En este sentido, se pudo determinar que el cultivar Hungría fue el de ciclo más corto, Artasa tiene un ciclo intermedio y Don Guiem fue el de ciclo más largo.

El mayor distanciamiento entre surcos evaluado en este ensayo produjo un incremento significativamente mayor en la BAT respecto a las plantas que crecen al

menor distanciamiento, con registros significativamente mayores en las variedades Artasa y Don Guiem. La variedad Hungría es de ciclo corto y presentó plantas de bajo porte, con menor cantidad de BAT y panojas pequeñas y ramificadas. Ésta fue la variedad de menor rinde por hectárea, de las evaluadas en este trabajo, pero la que presentó mayor Índice de cosecha. Ésto evidencia una mayor habilidad para re-direccionar los foto-asimilados a los órganos de cosecha. La variedad Artasa posee plantas de porte intermedio, mayor BAT que Hungría y panoja más compacta. Don Guiem presentó plantas de mayor altura de las variedades estudiadas en este trabajo, con las mayores tasas de BAT y panojas grandes y compactas. Tiene mayor porte que el resto de las variedades, tanto por altura de planta en pie como por longitud y peso del tallo, parámetro que se encuentra dentro de los límites adecuados y favorecería la cosecha mecánica de los granos.. Asimismo, las plantas de la variedad Don Guiem son las de ciclo más largo y las que retienen mayor cantidad de hojas verdes y activas aún con las panojas maduras y los granos con el contenido de humedad apto para la realización de la cosecha. Por otro lado, ésta fue la variedad que presentó el mayor rinde por hectárea, pero la de menor Índice de cosecha, por lo que se podría investigar sobre un potencial uso de esta variedad con fines forrajeros.

En las condiciones en las que fue realizado este ensayo se pudo observar que el cultivo presentó una excelente tolerancia a las condiciones de elevadas temperaturas y sequías registradas en los meses de enero - febrero de 2011.

Los valores del análisis proximal obtenidos, permiten asumir que es un cultivo que podría adaptarse a las condiciones agroclimáticas de la región.

Las características de poseer elevado contenido proteico, mayor cantidad de fibra y menor contenido de carbohidratos no celulósicos, en relación con otros granos o cereales, sugerirían la utilización del amaranto como complemento nutricional para la elaboración o enriquecimiento de diferentes productos alimenticios.

## **Consideraciones finales**

En posteriores trabajos se deberá indagar acerca del ajuste de las fechas de siembra, dosis de fertilización y número de plantas por hectárea para las diferentes variedades.

También se podrían profundizar los estudios bioquímicos para determinar el

perfil de aminoácidos y de ácidos grasos presentes en las semillas que definen sus cualidades nutricionales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bayón, N. 2009. Revisión taxonómica y filogenia de las especies monoicas de *Amaranthus* L. (Amaranthaceas): *Amaranthus* subg. *Albersia* y *Amaranthus* Subg. *Amaranthus*. Trabajo de Tesis para obtener el Título de Doctor de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. La Plata, abril de 2009.
- Bayón, N. 2015. Revisión taxonómica de las especies monoicas de *Amaranthus* L. (Amaranthaceas): *Amaranthus* subg. *Amaranthus* y *Amaranthus* Subg. *Albersia*. Ann. Missouri Bot. Gard. 101:261-383.
- Betschart, A.; Irving, D.; Shepherd, A. and Saunders, R. 1981. *Amaranthus cruentus*: milling characteristics, distribution of nutrients within seed components and the effects of temperature on nutritional quality, Journal of Food Sci, 46 : 1181-1187.
- Bressani, R.1993. El amaranto: una planta que ofrece grandes posibilidades de utilización agro-industrial. Alimentos 18:61.
- Bressani, R.; Gonzalez, J.M.; Zuñiga, J.; Breuner, M. and Elías, L. 1987. Yield, selected chemical composition and nutritive value of 14 selections of amaranth grain representing four species. JournalSciFoodAgric 38:347–56.
- Ciocchini, F. 2013. Análisis de la factibilidad de la incorporación del cultivo de "amaranto" por parte de horticultores familiares de La Plata y sus alrededores. Tesis de grado Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.
- CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO. Resolución Conjunta 71/2002 y 390/2002.
- Covas, G. 1992. Amarantos graníferos precoces aptos para siembra “de segunda” en la región pampeana semiárida. P32. En: II Simposio Nacional de Cultivos Estratégicos de valor alimenticio: Quínoa y Amaranto. SS de Jujuy. Argentina.
- Covas, G. 1992. Clave para la identificación de los amarantos y especies silvestres utilizables como hortalizas o forrajeras. Amarantos “Novedades e Informaciones”. Fac. de Agronomía. UNLPam. INTA Anguil 12:9-12.
- Covas, G. 1994. Perspectiva del cultivo de los amarantos en la República Argentina. Estación Experimental Agropecuaria Anguil INTA. Publicación Miscelánea 13. 10 p.
- Espitia, E. 1992. Amaranth germoplasm development and agronomic studies in Mexico.

En: J.R. Bale y C.S. Kauffman (Eds.) Special issue on grain amaranth: new potential for an old crop. Food Reviews International 8:71-86.

- Food and Agriculture Organization, 2003. Food energy. Methods of analysis and conversion factors. FAO. Food and Nutrition 77, 7-12.

- Gorinstein, S.; Delgado-Licon, E.; Pawelzik, E.; Permady, H.; Weisz, M. and Trakhtenberg, S. 2001. Characterization of soluble amaranth and soybean proteins based on fluorescence, hydrophobicity, electrophoresis, amino acid analysis, circular dichroism, and differential scanning calorimetry measurements. J Agr Food Chem 49: 5595-5601.

- Greizerstein, E.J. and L. Poggio. 1995. Meiotic studies of spontaneous hybrids of *Amaranthus*: genome analysis. Plant Breeding 114. Issue 5: 448-450.

- Gupta, V. and Thimba, D. 1991. Grain amaranth: an ideal crop for marginal areas in Kenia. Actas de Resúmenes del Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Morelos, México, 57.

- Hernández, R. and Herrerías, G. 1998. Amaranto: Historia y promesa. Tehuacán: Horizonte del Tiempo, 1, 529-545.

- Hongliang Sun, 1991. Adaptability and high yield cultivation technique of american *Amaranthus cruentus* R104 in China. Actas de Resúmenes del Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Morelos, México, 42.

- Huerga, A. M., 2014. "Programa Nacional de Federalización de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación". Proyecto FAO-PROSAP. [http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pdf/productos\\_alimenticios/Quinoa\\_y\\_Amaranto.pdf](http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pdf/productos_alimenticios/Quinoa_y_Amaranto.pdf) última visita: enero de 2016.

- Jacquelin, L.M.; Llovet, A. and Elisei, J. 2011. El cultivo de amaranto. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Disponible en :<http://www.todoagro.com.ar/todoagro2/archivo/amaranto2011.pdf>.

- León, A. and Rosell, C. 2007. De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Hugo Báez (editor): 1ra edición: Córdoba.

- Mateucci, S.D. 1998. Potencial productivo del amaranto en la pampa ondulada, Argentina: Comportamiento de seis germoplasmas. Rev. Fac. Agron. (LUZ).15:560-570.

- Mateucci, S.D. 1998. Fisiología Vegetal y Agronomía. Interciencia 13:87-89.

- Matissek, R.; Schnepel, F.; Steiner, G. and López Buesa, O. 1998. Análisis de los alimentos: fundamentos, métodos y aplicaciones. Editorial Acribia. 416 p. Zaragoza, España.
- Misra, P.; Pal, M. and Pandey, R. 1985. Estudios sobre el efecto de la variación en la densidad de plantas, sobre el crecimiento y rendimiento del amaranto de semilla (*Amaranthus hypochondriacus* L.). El amaranto y su potencial, ed. por Archivos Latinoamericanos de Nutrición (3):2-4.
- Monteros, C.; Nieto, C.; Caicedo, C.; Rivera, M. and Vimos, C. 1994. INIAP-ALEGRÍA: Primera Variedad Mejorada de Amaranto para la Sierra Ecuatoriana. Boletín divulgatorio N° 246. P 24.
- Mujica, A.; Berti Díaz, M. and Izquierdo, J. 1997. El cultivo de Amaranto (*Amaranthus spp.*). Producción, mejoramiento genético y utilización. Capítulo 2. Colección FAO. *Organizacion De Las Naciones Unida Para La Agricultura Y La Alimentación. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (UNA), Puno, Perú. En internet: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/home1.htm>.*
- Peiretti, E.G. y Gesumaria, J.J. 1998. Influencia de la distancia entre líneas sobre el crecimiento y rendimiento de amaranto granífero (*Amaranthus spp.*). Invest. Agr.: Prot. Veg. Vol. 13 (1-2):139-151.
- Peretti, A. 1994. Manual para análisis de semillas. Ed. Hemisferio Sur. ISBN: 950-504-526-3.
- Reinaudi, N.B.; Repollo, R.; Janovska, D.; DelamoFrier, J. and y Martín de Troiani, R. 2011. Evaluación de genotipos de amaranto (*Amaranthus spp.*) para la adaptabilidad productiva en el área de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina. Revista Científica UDO Agrícola 11 (1): 50-57. 2011
- Repo Carrasco, R. 1992. "Cultivos andinos y la alimentación infantil". CCTA, Serie Investigaciones 1.
- Sánchez, D.; Espinoza, P. and Morales, P. 1991. Densidad de población y fertilización química en amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en Morelos. Actas de Resúmenes del Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Morelos, México, 45.

- Schnetzler, K.A. and Breene, W.. 1994. Food uses and amaranth product research: a comprehensive review. In *Amaranth Biology, Chemistry and Technology*. Paredes-López O. (Ed.), p.155-184. CRC Press, Boca Ratón, FL.
- Segura-Nieto, M.; Barba de la Rosa, A.P. and Paredes-López, O. 1994. Biochemistry of amaranth protein. En *Amaranth Biology Chemistry and Technology*. Ed. por Paredes-López O. CRC Press. Boca Ratón, cap 5. Pág. 75-106.
- Suárez, P.; Martínez, J. and Hernández, J. 2013. "Amaranto: Efectos en la nutrición y la salud". Disponible en [www.eumed.net/rev/tlatemoani/12/nutricion-salud.html](http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/12/nutricion-salud.html). Último acceso: Julio 2017.
- Sumar, L.; Pacheco, J.; Roca, A.; Castelo, G.; Aedo, R.; Callo, Y. and Valdeiglesias, E. 1992. Grain amaranth research in Perú. En: J.R. Bale y C.S. Kauffman (Eds.) Special issue on grain amaranth: new potential for an old crop. *Food Reviews International* 8:87-124.
- Sun, H.; Wiesenborn, D.; Rayas-Duarte, P.; Mohamed, A. and Hagen, K. 1997. Bench-scale processing of amaranth seed for oil. *J. Ass. OilChem. Soc.* 17: 413-418.
- Tejerina Oller, J. and Arenas Martínez, R. 2001. Guía para el cultivo y aprovechamiento del coime o amaranto: *Amaranthus caudatus* L. Serie Ciencia y Tecnología. 86. Convenio Andres Bello. 36 p.
- Transue, D.K.; Fairbanks, D.; Robison, L. and Andersen, W. 1994. Species identification by RAPD analysis of grain amaranth genetic resources. *CropSci* 34: 1385-1389.
- Viviant, V. 2011. "El amaranto, un pseudocereal con beneficios reales". Disponible en: <http://www.dicyt.com/noticias/el-amaranto-un-pseudocereal-con-beneficios-reales>. Último acceso: Julio 2017.